Saisonnalité et divergence évolutive des pathogènes hétérothalliques.

M. Castel*, L. Mailleret♯, V. Ravigné†, F. Hamelin*

*IGEPP, Agrocampus Ouest, UR1 & INRA, Rennes

♯ UMR ISA, INRA & BIOCORE, INRIA, Sophia Antipolis

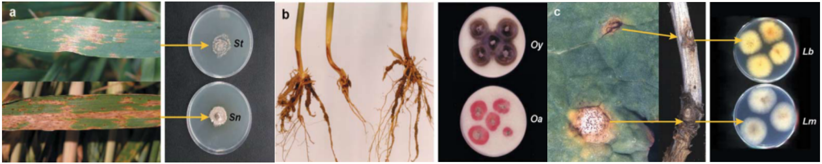
† UMR BGPI, CIRAD, Montpellier.

Journées Jean Chevaugeon

Aussois, 19 Janvier 2012

Introduction

- **Coexistence d'espèces apparentées**[1]



Espèces "cryptiques" coexistant sur certaines cultures arables a)*Septoria trici*, ; *S. nodorum*, Sn; b) *Oculimacula yallundae*, Oy; *O. acuformis*, Oa; c) *Leptosphaeria biglobosa*, Lb; *L. maculans*, Lm

from Fitt *et al.*, 2006

- **Petit paradoxe écologique**
  "two species occupying the same ecological niche cannot coexist indefinitely."[2]

[1] Brasier, 1987
[2] Gause 1934

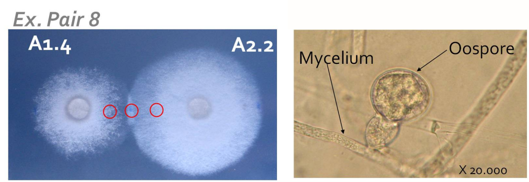
Quand la saisonnalité s'en mêle

- Coexistence: différentes façons de pallier l'absence d'hôte?

- Structures de survie (hivernale) issues de la reproduction sexuée

Le reproduction sexuée

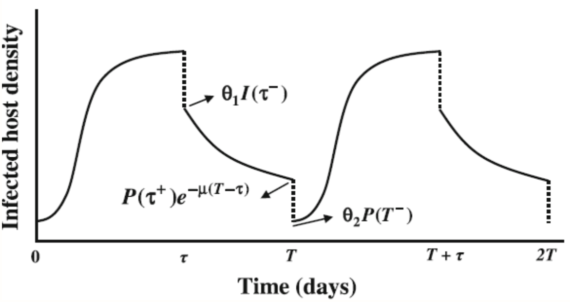
- Deux modes :
  - homothallique
  - hétérothallique



©Julie Clément, *P. infestans*

- Implications en termes
  - écologiques : effet Allee, capacité d'invasion
  - évolutifs : émergence et maintien de la diversité

Modèle "homothallique" (van den Berg et al., 2011)



L'INTERSAISON

$$P(\tau^+) = \theta_1 I(\tau^-),$$
$$\frac{dP}{dt} = -\mu P$$
$$I(T^+) = \theta_2 P(T^-),$$

LA SAISON

- dynamiques épidémiques

$$\frac{dI}{dt} = +\beta(S_0 - I)I$$

Modèle hétérothallique

- Deux types sexuels: ♂ et ♀
- Pendant la saison

$$\begin{cases} \dot{I}_{♂} & = & +\beta(S_0 - I_{♂} - I_{♀})I_{♂}\,, \\ \dot{I}_{♀} & = & +\beta(S_0 - I_{♂} - I_{♀})I_{♀} \end{cases}$$

- Dépend de la densité du partenaire: $\theta_1 = \Gamma I_{♂,♀}$
- La formation des structures de survie

$$P(T^+) = \Gamma I_{♂}(\tau^-) I_{♀}(\tau^-) \mathrm{e}^{-\mu(T-\tau)}\,,$$

- L'inoculation au début de la saison suivante

$$\begin{cases} I_{♂}(T^+) & = & \frac{1}{2}\theta_2 P(T^+)\,, \\ I_{♀}(T^+) & = & \frac{1}{2}\theta_2 P(T^+)\,. \end{cases}$$

(pathogène haploïde comme la plupart des Ascomycètes)

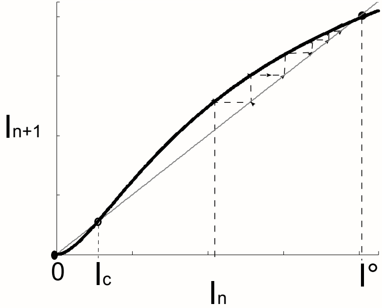
- $I = I♂ + I♀$

Effet Allee

- Le système s'écrit sous forme d'une équation

$$I_{n+1} = \chi \left(\frac{I_n S_0}{I_n + (S_0 - In)\mathrm{e}^{-\beta S_0 \tau}} \right)^2 .$$

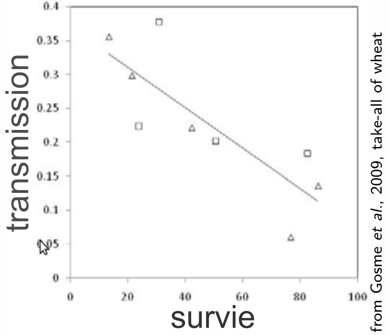
avec $\chi = \theta_2 \frac{\Gamma}{4} \mathrm{e}^{-\mu(T-\tau)}$.



- $I < I_c$: probabilité de rencontrer un partenaire trop faible

Trade-Off

- Existence d'une relation négative entre[3,4]
    - transmission intra-saison du phytopathogène
    - survie inter-saison



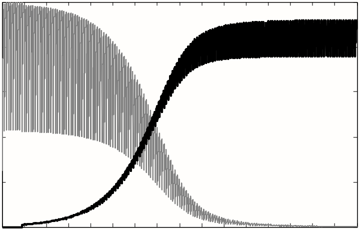
- $\mu = f(\beta)$

[3]Carson, M.L, 1998
[4]Abang et al., 2006

Dynamique Adaptative

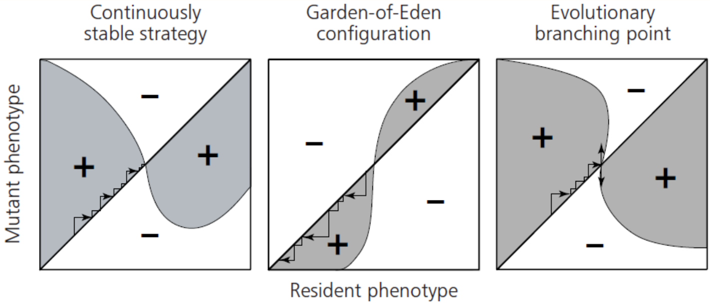
- Hypothèses
  - Résident à l'équilibre endémique : $\bar{I}^{\circ}$
  - Face à un mutant (petit)
- Critère d'invasion :

$$s(\beta_1, \beta_2) = (f(\beta_1) - f(\beta_2))(T - \tau) - (\beta_1 - \beta_2)(N - \bar{I}^{\circ})\tau > 0\,,$$



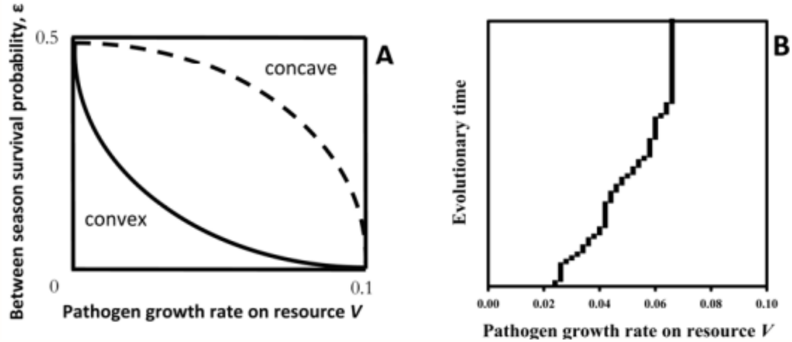
- s : fitness d'invasion

Diagrammes d'invasibilité mutuelle (PIP)

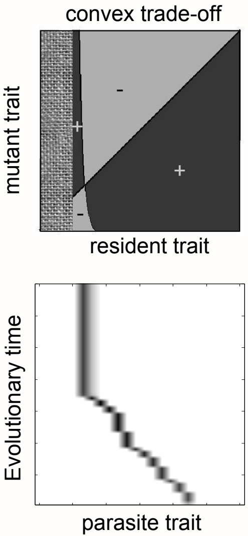


Modèle homothallique (van den Berg et al., 2011)

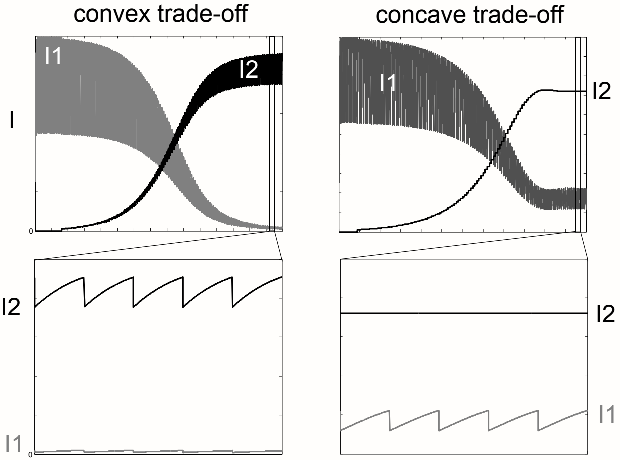
- Absence de branchement évolutif (convergence)



Modèle hétérothallique : PIPs et les trajectoires évolutives



Modèle hétérothallique : Dynamiques à la fin des temps évolutifs



Discussion

- L'hétérothallisme/mécanisme d'incompatibilité favorise
  - effet allee démographique
  - **diversification**
  - coalition

Raphanus sativus L.

- **Aurait-on plus d'espèces cryptiques chez les champignons hétérothalliques?**

L. maculans et *L. biglobosa* sur feuille

Merci de votre attention

Remerciements
Les organisateurs JJC 2012

L'Equipe Mildiou:
Didier Andrivon,
Claudine Pasco,
Isabelle Glais,
Bruno Marquer,
Roselyne Corbière.
Julie Clément.

Mes Encadrants:
Frédéric Hamelin,
Ludovic Mailleret.

Virginie Ravigné.

Mes collègues Quimperois.

Deux souches en compétition (résident/mutant)

- homothallique
- hétérothallique

intra-saison:

$$\left\{ \begin{array}{rcl} \dot{I}_1 & = & \beta_1 I_1(N - I_1 - I_2)\,, \\ \dot{I}_2 & = & \beta_2 I_2(N - I_1 - I_2)\,, \end{array} \right. .$$

inter-saison:

$$\left\{ \begin{array}{rcl} I_1(T^+) & = & \theta_1\theta_2 I_1\gamma_1\,, \\ I_2(T^+) & = & \theta_1\theta_2 I_2\gamma_2\,. \end{array} \right. \qquad \left\{ \begin{array}{rcl} I_1(T^+) & = & \frac{\Gamma}{4}\theta_2\gamma_1(I_1^2 + I_1 I_2)\,, \\ I_2(T^+) & = & \frac{\Gamma}{4}\theta_2\gamma_2(I_2^2 + I_1 I_2)\,. \end{array} \right.$$

- $\gamma_{1,2}$ est la survie resp. du resident et du mutant
- critère d'invasion

$$s(\beta_1, \beta_2) = (\mu_1 - \mu_2)(T - \tau) - (\beta_1 - \beta_2)(N - \bar{I}_1^\circ) > 0\,,$$